

# 输尿管软镜技术的发展现状和未来\*

周子健<sup>1</sup> 吴忠<sup>1</sup>

**[摘要]** 输尿管软镜技术目前主要用于治疗尿石症,自问世至今不断更新发展,特别是近 10 年有了划时代的发展,如机器人辅助输尿管软镜技术、输尿管软镜联合负压吸引技术及人工智能输尿管软镜技术等,这些进步使输尿管软镜手术的适应证不断扩大。本文就输尿管软镜技术的发展与未来进行综述。

**[关键词]** 输尿管软镜;尿石症;技术进展

**DOI:**10.13201/j.issn.1001-1420.2023.07.014

**[中图分类号]** R691.4 **[文献标志码]** A

## Current development situation and future of flexible ureteroscopy

ZHOU Zijian WU Zhong

(Department of Urology, Huashan Hospital, Fudan University, Clinical Research Center of Urolithiasis, Shanghai Medical College, Fudan University, Shanghai, 200040, China)

Corresponding author: WU Zhong, E-mail: hmgsh188@126.com

**Abstract** In recent years, flexible ureteroscopy has become an important treatment for urolithiasis. Since its emergence, it has been in full swing and constantly updated. Especially in the past decade there have been epochal developments, such as robot-assisted flexible ureteroscopy, flexible ureteroscopy combined with negative pressure suction technology or artificial intelligence, etc. These advances make the indications for flexible ureteroscope constantly expand. Thus, we reviewed these new flexible ureteroscopy techniques in this article.

**Key words** flexible ureteroscopy; urolithiasis; technical progress

输尿管软镜(flexible ureteroscopy, FURS)技术是治疗尿石症安全、有效的手段。近年来, FURS 有了巨大的发展,如镜体缩小、可弯曲角度增大、镜下视野清晰及损耗率降低等。机器人辅助 FURS、FURS 联合负压吸引技术以及人工智能 FURS 等新技术的出现,再加上辅助器械的改进与发展,让 FURS 的临床应用前景更加广阔。本文就 FURS 的发展现状和未来趋势作一综述。

### 1 FURS 的历史

FURS 的设计灵感来源于膀胱镜。1964 年, Marshall<sup>[1]</sup>首次使用 FURS 观察到输尿管结石,这是目前公认的 FURS 首次的临床应用。1971 年, Takagi 等<sup>[2]</sup>设计了具备主动弯曲功能的 FURS。1977 年, Goodman<sup>[3]</sup>发明了输尿管硬镜,并设计了灌注与工作通道,促进了 FURS 的研发与变革。1983 年, Bagley 等<sup>[4]</sup>将灌注与工作通道整合于软镜中,实现了能在灌注的同时应用辅助器械进行软镜操作,这正是现代 FURS 的雏形。1989 年,

Kavoussi 等<sup>[5]</sup>使用 FURS 治疗 68 例上尿路结石患者,极大地推动了 FURS 的研发。20 世纪末至今, FURS 飞速发展,更大的工作通道和更多的镜体型号及各种辅助器械让 FURS 广泛应用于临床,数以万计的患者因此受益。

### 2 FURS 的发展现状

#### 2.1 纤维输尿管软镜

传统 FURS 为纤维软镜(fiberoptic flexible ureteroscopy, FFU),由于其成本较低目前已经广泛应用于临床。相较于输尿管硬镜, FFU 的优点包括镜体柔软、纤细,镜体前端可弯曲,观察范围全面等<sup>[6]</sup>。

#### 2.2 电子输尿管软镜

传统 FFU 易损坏,且图像分辨率较低、成像不够清晰。2006 年,首台电子输尿管软镜(digital flexible ureteroscope, DFU)问世,其镜下图像在尺寸大小、分辨率、色彩保真度等方面都有了质的飞跃<sup>[7]</sup>。DFU 具备“内置眼”,电子成像无须附加摄像装置和光源,而是通过镜体头端摄像采集信号,自动对焦并提供清晰逼真的矢量图像;同时, DFU 镜体重量轻、镜头弯曲能力强并且使用寿命长,是目前临床应用的主流设备。

\*基金项目:国家自然科学基金面上项目(No:81970603)

<sup>1</sup>复旦大学附属华山医院泌尿外科 复旦大学上海医学院泌尿系结石诊疗研究中心(上海,200040)

通信作者:吴忠, E-mail: hmgsh188@126.com

### 2.3 一次性电子输尿管软镜

传统电子软镜的采购成本高、配套器械多、维修耗时长、消毒程序复杂,且重复使用后镜头性能逐渐减退并伴有交叉感染的风险,因此,一次性电子输尿管软镜(single-use flexible ureteroscope, suURS)应运而生<sup>[8]</sup>。与重复使用的输尿管软镜(reusable flexible ureteroscope, rURS)相比, suURS具有无须消毒、无后续处理、无维修费用、方便随时使用等先天优势,使基层医院开展软镜手术成为可能<sup>[9]</sup>。suURS的临床应用是近年来的热点话题。2019年, Kam等<sup>[10]</sup>研究发现, suURS在光学特性和灌流量等方面的性能已接近 rURS,同时拥有与 rURS相当的术后结石清除率(stone-free rate, SFR)和并发症发生率。2022年最新的前瞻性研究显示,在242例直径 $<2$  cm的肾结石患者中, suURS(WiScope<sup>®</sup>)具有更高的可操作性和更少的肢体疲劳感,但图像质量相对 rURS较低,而2组在术后 SFR、手术时间和并发症发生率等方面比较差异无统计学意义<sup>[11]</sup>。

### 2.4 FURS联合负压吸引技术

FURS联合负压吸引鞘(negative pressure-ureteral access sheath, NPUAS)可以帮助软镜快速进入肾脏集合系统,保证冲洗速度,维持视野清晰,降低肾盂内压以及减少输尿管黏膜损伤等。在 NPUAS负压的作用下,快速的水循环能够将打碎的结石及时吸出,做到边碎石边吸引,极大提高了碎石效率并且保证了手术视野清晰,进而减少了因手术时间过长而发生感染和肾损害等相关并发症<sup>[12]</sup>。

广州医科大学团队使用 FURS联合 NPUAS治疗125例直径 $\geq 2$  cm的肾结石患者,一期手术术后 SFR高达92.0%<sup>[13]</sup>。南昌大学团队设计了一种新型的灌注和负压吸引平台,在 NPUAS前端装有压力传感器,后端连接负压吸压装置。该团队使用该负压吸引技术治疗了122例输尿管巨大结石(直径 $\geq 1.5$  cm),结果发现相比于传统 FURS治疗组,负压吸引组患者术后 SFR明显提高(100.0% vs 81.7%,  $P < 0.05$ ),同时负压吸引技术很好地改善了手术时间长和术后感染等问题,值得进一步推广<sup>[14]</sup>。

### 2.5 机器人辅助 FURS

传统 FURS手术中,尤其当结石负荷较大、需要较长手术时间时,术者长时间单手持镜带来的手腕疲劳感很容易影响手术效果。因此,机器人辅助 FURS应运而生。机器人系统集合了多项操作功能,包括镜体的细微调整、自动化置入和取出以及自动调整镜体位置等,让术者远距离控制外接的 FURS,其操作稳定而精确,在提高手术效率的同时减少了外科医师的疲劳感及放射暴露<sup>[15]</sup>。

2017年, Swearingen等<sup>[16]</sup>在欧洲泌尿学会

(European Association of Urology, EAU)上报道了一项包含27例2~3 cm复杂性肾结石病例的多中心研究,使用机器人系统平均手术时间182 min,术中平均出血量38 mL,平均住院时间1.7 d,总体并发症发生率为18.5%,术后 SFR为96%,因此,他们认为,对于复杂性肾结石患者,机器人手术系统也是安全、有效的选择。最近, Klein等<sup>[17]</sup>报道了240例接受 Roboflex 机器人软镜系统进行治疗的肾结石病例,平均手术时间为91 min,结石处理效率33 mm<sup>3</sup>/min,术后并发症发生率5.4%,术后 SFR为90%。而在我国,自主研发的机器人辅助 FURS目前还处于起步阶段。近2年,上海仁济医院团队和长海医院团队均探索性地使用机器人系统进行体内动物模型的实验,结果发现机器人系统治疗肾结石安全可行,这对国内相关领域新技术的发展起到了一定的推动作用<sup>[18-19]</sup>。

## 3 FURS的未来

### 3.1 人工智能 FURS

目前人工智能在 FURS控压和碎石方面有了较好的应用。术中灌注时肾内压超过40 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)会增加肾盂静脉或淋巴回流的危险,因此,必须保持灌注时入量和出量之间的动态平衡,人工智能控压是较好的方法<sup>[20]</sup>。Chen等<sup>[21]</sup>比较人工智能控压 FURS与微创经皮肾镜取石术(mini percutaneous nephrolithotomy, MPCNL)治疗2~3 cm孤立肾结石的有效性和安全性,其中46例行人工智能控压 FURS,45例行 MPCNL,结果发现人工智能控压组住院时间为(3.53 $\pm$ 1.25) d,明显短于 MPCNL组的(6.54 $\pm$ 2.36) d;此外, MPCNL组术后患者需要镇痛药物多,血红蛋白下降更明显;而2组平均手术时间和术后 SFR比较差异无统计学意义。因此,2种术式治疗2~3 cm孤立肾结石均安全有效,而人工智能控压组具有住院时间短和并发症少的优势。在碎石方面,人工智能可预设好激光碎石方案,设定最佳参数,极速爆破,瞬间碎石。最近,还有学者展示了一种基于人工智能的神经网络方法来评估机器人辅助软镜系统与环境之间的交互力,人工智能反馈系统大大提高了操作者感知阻塞的准确性,有望提高机器人平台的安全性<sup>[22]</sup>。未来可能将迎来人工智能 FURS的大发展,人工智能让 FURS不仅是一根内镜,更是一台微型电脑,具有一定的思维,未来甚至可以判断、分析手术路径,根据 CT 图像并结合实景视频进行三维成像,并根据实际情况联合大数据分析,给出最佳手术方案,完全有可能彻底改变目前治疗尿石症的策略。

### 3.2 新的碎石激光:钪激光

激光是尿石症的主要治疗手段,目前临床上以钬激光为主<sup>[23]</sup>。钬激光功率大,瞬间能量高,可粉

碎各种尿路结石,但是,钬激光碎石有潜在的热损伤风险<sup>[24]</sup>。为了追求更高效、更安全的碎石效果,2019年EAU报道了新一代激光碎石技术:超脉冲铥激光<sup>[25]</sup>。多项体外研究表明,在相同的能量下,铥激光的SFR是钬激光的1.5~4.0倍。同时,铥激光的工作光纤更细(50~150 μm 芯径),节约了工作腔道的空间,在保证高效碎石的同时降低了肾内压力和温度。此外,铥激光还具有更高的最大脉冲重复频率(2 000 Hz)、更低的脉冲能量(低至0.025 J)以及更均匀的时序脉冲结构,为下一代更智能化和微型化的FURS提供可能。

### 3.3 FURS 碎石术适应证的扩大

随着技术的发展和临床经验的积累,FURS 碎石术的适应证也在不断扩大。目前主要适应证有以下几个方面:直径≤2.0 cm 的肾结石,尤其是直径为1.1~2.0 cm 的结石<sup>[26]</sup>;直径>2.0 cm 的肾结石,EAU指南推荐PCNL为金标准治疗,FURS可作为替代方案,但推荐分期手术<sup>[26]</sup>;肾下盏结石,之前由于解剖结构的原因,FURS难以到达肾下盏结石的位置,但是随着技术的进步,软镜弯曲度的增加使其更容易进入肾下盏,再使用辅助器械取石篮等将下盏结石移动到中盏或其他位置,大大提高了FURS治疗肾下盏结石的成功率,使得FURS在肾下盏结石的治疗中占有不可替代的位置<sup>[27]</sup>;双侧肾结石的同期治疗,双侧FURS手术具有减少总手术时间、减少反复麻醉以及缩短住院时间等优点<sup>[28]</sup>;特殊患者的结石治疗,如极度肥胖的结石患者、有出血倾向或不能停用抗凝药的结石患者、体外冲击波碎石术(extracorporeal shock wave lithotripsy, ESWL)定位困难或术后残留的结石以及PCNL通道建立困难的结石等;用于特殊结石病例的治疗,包括肾盏憩室结石、马蹄肾肾结石、异位肾并结石、多囊肾并结石和孤立肾结石等<sup>[29]</sup>。

### 3.4 FURS 将成为未来最主要的微创碎石技术

PCNL治疗尿路结石的疗效确切,但是创伤性大、并发症多,而FURS是一种通过自然通道实现碎石的技术,相比PCNL,可以避免穿刺、创伤更小、住院天数更短同时并发症更少。同时,随着技术设备的日新月异,FURS的适用范围进一步扩大,并可取代部分PCNL治疗。

对于直径>2.0 cm 的肾结石,之前多采用PCNL治疗,但近年来国内外学者在采用软镜处理这类结石方面也发现,分期多次FURS碎石同样能取得较好的疗效。早在2018年,Zhang等<sup>[30]</sup>进行了一项2~3 cm 孤立肾肾下盏结石的多中心临床研究,其中42例行PCNL,34例行FURS,结果发现,虽然PCNL组的术后SFR更高(85.7% vs 58.8%,  $P=0.008$ ),但是FURS组患者的出血量和住院时间明显更短,可作为PCNL的潜在替代治

疗方案。随着技术的进步,软镜术后的SFR也在不断提高。2022年,Deng等<sup>[31]</sup>回顾性分析了127例2~3 cm 孤立肾肾结石患者的临床资料,其中57例行FURS联合负压吸引技术,70例行MPCNL,结果发现2组术后1个月和3个月的SFR差异无统计学意义,而负压吸引组患者的血红蛋白下降值、术中失血量及平均住院时间均明显优于MPCNL组。

对于单侧多发肾结石和鹿角形肾结石,之前多采用多通道PCNL治疗,但多通道PCNL可能增加手术风险并导致肾实质的损伤<sup>[32]</sup>。近年来,FURS治疗单侧多发肾结石或鹿角形肾结石在临床上日益普遍。2022年,Guo等<sup>[33]</sup>最新研究显示,对于80例无肾积水的多发肾结石患者,FURS组平均手术时间、术后住院时间、术中出血量及肾脏损伤程度均显著低于MPCNL组( $P<0.001$ ),而2组术后SFR差异无统计学意义( $P=0.17$ )。国内还有学者研究发现,相比于PCNL治疗,FURS+PCNL组合式治疗复杂性输尿管上段结石不仅可以减少PCNL通道的数目,而且能够提高术后SFR,同时组合式治疗还具有手术时间短、术中出血量少和术后并发症少等优势<sup>[34]</sup>。

## 4 FURS 的局限性

### 4.1 FURS 的经济成本

随着技术的进步,FURS治疗泌尿系结石的成功率已经提升到90%左右<sup>[35]</sup>。但是,技术的进步也意味着经济成本的提高,软镜不但自身价格昂贵,并且FURS损坏的维修费用也相对较高。FURS损坏主要是术中操作不当和平时保管不当等因素导致;因此,加强对手术医师及有关工作人员的相关培训,可以有效地减少这一情况的发生。

### 4.2 FURS 的技术限制

对于肾下盏结石,由于FURS的弯曲度有限,再加上结石解剖位置的特殊性,常常导致泌尿医师不能完整地观察到整个结石,最终可能导致结石残留;同时,肾下盏漏斗与肾盂之间的夹角可能会使FURS难以深入,尤其是当夹角 $<30^\circ$ 时,FURS碎石的成功率非常低<sup>[36]</sup>。而对于 $>2$  cm 的复杂性肾结石,结石直径愈大,FURS治疗的SFR愈低<sup>[37]</sup>。因此,根据结石的具体位置与大小,可针对性地选择合适的辅助设备或者使用FURS联合PCNL治疗等方案。

### 4.3 FURS 的术后并发症

感染是软镜术后的主要并发症,原因包括手术时间较长、结石性质特殊及灌注压力较高等<sup>[38-39]</sup>。为减少这一情况的发生,术前应常规行血、尿常规及尿培养,以明确患者的尿路感染状况,并针对性地使用抗生素预防感染;术中应尽量降低肾盂内灌注量及灌注压,同时尽可能缩短手术时间;术后根据尿培养结果,应早期合理应用抗生素。

## 5 展望

近 20 年来, FURS 的全球使用率快速上升, FURS 本身也经历了重大的技术改造, FURS 已经在尿石症的治疗中占有极其重要的地位。随着泌尿外科进入微创和智能手术时代, 人工智能和医工交叉等多学科联合可能是未来 FURS 发展的趋势。未来的 FURS 或许不再使用硬质材料, 而是应用记忆软体, 成为真正意义上的软镜, 同时镜体更加纤细, 操控更加灵活、智能, 探查更加全面。伴随技术理念的改变和治疗方式的变革, FURS 的适应证将会越来越广, 未来或许可以成为尿石症的首选治疗。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

## 参考文献

- [1] Marshall VF. Fiber optics in urology [J]. J Urol, 1964, 91: 110-114.
- [2] Takagi T, Go T, Takayasu H, et al. Fiberoptic pyeloureteroscope [J]. Surgery, 1971, 70(5): 661-663.
- [3] Goodman TM. Ureteroscopy with pediatric cystoscope in adults [J]. Urology, 1977, 9(4): 394.
- [4] Bagley DH, Huffman JL, Lyon ES. Combined rigid and flexible ureteropyeloscopy [J]. J Urol, 1983, 130(2): 243-244.
- [5] Kavoussi L, Clayman RV, Basler J. Flexible, actively deflectable fiberoptic ureteronephroscopy [J]. J Urol, 1989, 142(4): 949-954.
- [6] Keller EX, Doizi S, Villa L, et al. Which flexible ureteroscope is the best for upper tract urothelial carcinoma treatment? [J]. World J Urol, 2019, 37(11): 2325-2333.
- [7] Mitchell S, Havranek E, Patel A. First digital flexible ureterorenoscopy; initial experience [J]. J Endourol, 2008, 22(1): 47-50.
- [8] 杨恩广, 景锁世, 王志平. 一次性输尿管软镜的应用现状及研究进展 [J]. 中国微创外科杂志, 2019, 19(9): 846-848.
- [9] Dale J, Kaplan AG, Radvak D, et al. Evaluation of a Novel Single-Use Flexible Ureteroscope [J]. J Endourol, 2021, 35(6): 903-907.
- [10] Kam J, Yuminaga Y, Beattie K, et al. Single use versus reusable digital flexible ureteroscopes: A prospective comparative study [J]. Int J Urol, 2019, 26(10): 999-1005.
- [11] Ali AI, Eldakhakhny A, Abdelfadel A, et al. WiScope (R) single use digital flexible ureteroscope versus reusable flexible ureteroscope for management of renal stones: a prospective randomized study [J]. World J Urol, 2022, 40(9): 2323-2330.
- [12] Baş O, Tuygun C, Dede O, et al. Factors affecting complication rates of retrograde flexible ureterorenoscopy: analysis of 1571 procedures—a single-center experience [J]. World J Urol, 2017, 35(5): 819-826.
- [13] 赖德辉, 何永忠, 盛明, 等. 输尿管软镜结合负压吸引工作鞘治疗铸型肾结石的疗效分析(附 125 例报告) [J]. 中国内镜杂志, 2018, 24(7): 89-93.
- [14] Du C, Song L, Wu X, et al. A study on the clinical application of a patented perfusion and suctioning platform and ureteral access sheath in the treatment of large ureteral stones below L4 level [J]. Int Urol Nephrol, 2019, 51(2): 207-213.
- [15] Hein S, Wilhelm K, Miernik A, et al. Radiation exposure during retrograde intrarenal surgery (RIRS): a prospective multicenter evaluation [J]. World J Urol, 2021, 39(1): 217-224.
- [16] Swearingen R, Sood A, Madi R, et al. Zero-fragment Nephrolithotomy: A Multi-center Evaluation of Robotic Pyelolithotomy and Nephrolithotomy for Treating Renal Stones [J]. Eur Urol, 2017, 72(6): 1014-1021.
- [17] Klein J, Charalampogiannis N, Fiedler M, et al. Analysis of performance factors in 240 consecutive cases of robot-assisted flexible ureteroscopic stone treatment [J]. J Robot Surg, 2021, 15(2): 265-274.
- [18] 宣寒青, 徐云泽, 陈奇, 等. 新型经输尿管肾内介入诊疗机器人系统的研发及试验评价 [J]. 临床泌尿外科杂志, 2021, 36(9): 721-724.
- [19] 李凌, 王则宇, 董浩, 等. 机器人辅助软性输尿管镜手术系统的体外性能评价和动物体内手术应用研究 [J]. 中华泌尿外科杂志, 2022, 43(8): 607-613.
- [20] 吕建林. 输尿管软镜技术的发展趋势与未来 [J]. 微创泌尿外科杂志, 2022, 11(3): 145-149.
- [21] Chen H, Qiu X, Du C, et al. The Comparison Study of Flexible Ureteroscopic Suctioning Lithotripsy With Intelligent Pressure Control Versus Minimally Invasive Percutaneous Suctioning Nephrolithotomy in Treating Renal Calculi of 2 to 3 cm in Size [J]. Surg Innov, 2019, 26(5): 528-535.
- [22] Shu X, Hua P, Wang S, et al. Safety enhanced surgical robot for flexible ureteroscopy based on force feedback [J]. Int J Med Robot, 2022, 18(5): e2410.
- [23] 胡卫国, 李建兴. 泌尿系结石的激光治疗现状 [J]. 临床外科杂志, 2020, 28(2): 183-185.
- [24] 钟文, 曾国华. 国际尿石症联盟输尿管软镜碎石术指南解读 [J]. 临床泌尿外科杂志, 2023, 38(1): 1-4.
- [25] Traxer O, Keller EX. Thulium fiber laser: the new player for kidney stone treatment? A comparison with Holmium: YAG laser [J]. World J Urol, 2020, 38(8): 1883-1894.
- [26] Türk C, Petřik A, Sarica K, et al. EAU Guidelines on Interventional Treatment for Urolithiasis [J]. Eur Urol, 2016, 69(3): 475-482.
- [27] Kandemir A, Guven S, Balasar M, et al. A prospective randomized comparison of micropercutaneous nephrolithotomy (Microperc) and retrograde intrarenal surgery (RIRS) for the management of lower pole kidney stones [J]. World J Urol, 2017, 35(11): 1771-1776.
- [28] Peng Y, Li L, Zhang W, et al. Single-Stage Bilateral Versus Unilateral Retrograde Intrarenal Surgery for Management of Renal Stones: A Matched-Pair Analysis [J]. J Endourol, 2015, 29(8): 894-898.

- events associated with currently used medical treatments for cystinuria and treatment goals: results from a series of 442 patients in France[J]. *BJU Int*, 2019, 124(5):849-861.
- [19] Kowalczyk NS, Zisman AL. Cystinuria: Review of a Life-long and Frustrating Disease[J]. *Yale J Biol Med*, 2021, 94(4):681-686.
- [20] Kovaříková S, Maršálek P, Vrbová K. Cystinuria in Dogs and Cats: What Do We Know after Almost 200 Years? [J]. *Animals(Basel)*, 2021, 11(8):2437.
- [21] Takahashi T, Somiya S, Ito K, et al. The Long-Term Follow-Up of Patients with Cystine Stones: A Single-Center Experience for 13 Years[J]. *J Clin Med*, 2021, 10(7):1336.
- [22] Vinit N, Khoury A, Lopez P, et al. Extracorporeal Shockwave Lithotripsy for Cystine Stones in Children: An Observational, Retrospective, Single-Center Analysis[J]. *Front Pediatr*, 2021, 9:763317.
- [23] Shah TT, Gao C, Peters M, et al. Factors associated with spontaneous stone passage in a contemporary cohort of patients presenting with acute ureteric colic: results from the Multi-centre cohort study evaluating the role of Inflammatory Markers In patients presenting with acute ureteric Colic(MIMIC) study[J]. *BJU Int*, 2019, 124(3):504-513.
- [24] Kallidonis P, Ntasiotis P, Knoll T, et al. Minimally Invasive Surgical Ureterolithotomy Versus Ureteroscopic Lithotripsy for Large Ureteric Stones: A Systematic Review and Meta-analysis of the Literature [J]. *Eur Urol Focus*, 2017, 3(6):554-566.
- [25] 卢俊霖, 余虢, 李聪, 等. 腹腔镜下输尿管切开取结石的适应证再探讨: 附 63 例报告[J]. *临床泌尿外科杂志*, 2021, 36(5):382-385.
- [26] Sharma G, Pareek T, Tyagi S, et al. Comparison of efficacy and safety of various management options for large upper ureteric stones a systematic review and network meta-analysis [J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1):11811.
- [27] 邵建国, 侯颺, 宋飞, 等. 上尿路胱氨酸结石诊治 22 例报告[J]. *中国微创外科杂志*, 2015, 15(7):622-623, 627.
- [28] Moore SL, Cook P, de Coninck V, et al. Outcomes and Long-term Follow-up of Patients with Cystine Stones: a Systematic Review [J]. *Curr Urol Rep*, 2019, 20(6):27.
- [29] 王政昊, 白云金, 曹德宏, 等. 胱氨酸尿症的发病机制和基因治疗前景[J]. *实用医院临床杂志*, 2020, 17(2):256-258.

(收稿日期:2022-09-22)

(上接第 556 页)

- [29] Tekgü IS, Stein R, Bogaert G, et al. European Association of Urology and European Society for Paediatric Urology Guidelines on Paediatric Urinary Stone Disease[J]. *Eur Urol Focus*, 2022, 8(3):833-839.
- [30] Zhang Y, Wu Y, Li J, et al. Comparison of Percutaneous Nephrolithotomy and Retrograde Intrarenal Surgery for the Treatment of Lower Calyceal Calculi of 2-3 cm in Patients With Solitary Kidney[J]. *Urology*, 2018, 115:65-70.
- [31] Deng X, Xie D, Huang X, et al. Suctioning Flexible Ureteroscopy with Automatic Control of Renal Pelvic Pressure versus Mini PCNL for the Treatment of 2-3-cm Kidney Stones in Patients with a Solitary Kidney [J]. *Urol Int*, 2022, 106(12):1293-1297.
- [32] Preminger GM, Assimos DG, Lingeman JE, et al. Chapter 1: AUA guideline on management of staghorn calculi: diagnosis and treatment recommendations[J]. *J Urol*, 2005, 173(6):1991-2000.
- [33] Guo Y, Yang L, Xu X, et al. Clinical comparative study of standard channel percutaneous nephroscope combined with flexible ureteroscope and traditional standard channel combined with microchannel percutaneous nephrolithotomy in the treatment of multiple renal calculi without hydronephrosis [J]. *Pak J Med Sci*, 2022, 38(7):1844-1851.
- [34] 邢浩楠, 彭忠胜, 祁元炯, 等. 顺行输尿管软镜在经皮肾镜取石术治疗复杂肾结石中的应用价值[J]. *临床泌尿外科杂志*, 2023, 38(1):20-23.
- [35] Lildal SK, Andreassen KH, Baard J, et al. Consultation on kidney stones, Copenhagen 2019: aspects of intracorporeal lithotripsy in flexible ureterorenoscopy [J]. *World J Urol*, 2021, 39(6):1673-1682.
- [36] Peng L, Zheng Z, Xu J, et al. Retrograde intrarenal surgery in lateral position for lower pole stone: an initial experience from Single Academic Hospital [J]. *Urolithiasis*, 2022, 50(2):199-203.
- [37] 袁强, 杜丹. 复杂性肾结石的微创治疗新进展[J/OL]. *中华腔镜泌尿外科杂志(电子版)*, 2018, 12(2):136-138.
- [38] Sierra A, Corrales M, Kolvatzis M, et al. Real Time Intrarenal Pressure Control during Flexible Ureterorenoscopy Using a Vascular Pressure Wire: Pilot Study [J]. *J Clin Med*, 2022, 12(1):147.
- [39] Hughes SF, Moyes AJ, Jones K, et al. Pre-and peri-operative clinical information, physiological observations and outcome measures following flexible ureterorenoscopy (FURS), for the treatment of kidney stones. A single-centre observational clinical pilot-study in 51 patients[J]. *BMC Urol*, 2022, 22(1):104.

(收稿日期:2022-11-24)